



# HAVAALANLARINDA HİZMET KALİTESİNİN ENTROPİ VE TOPSIS YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ: AVRUPA'NIN EN YOĞUN HAVAALANLARI ÜZERİNE BİR UYGULAMA

EVALUATION OF SERVICE QUALITY IN AIRPORTS USING ENTROPY AND TOPSIS METHODS: AN APPLICATION ON EUROPE'S BUSIEST AIRPORTS

**Mahmut BAKIR<sup>1</sup> – Şahap AKAN<sup>2</sup>**

## Öz

Günümüzün değişen rekabet koşulları altında havaalanlarının daha fazla yolcuya ve havayolu işletmesine hizmet vererek rekabetçi üstünlük sağlamalarında hizmet kalitesi kilit bir unsur haline gelmiştir. Havaalanı hizmet kalitesinin bu açıdan önemli unsur olarak görülmesinden dolayı bu çalışmada 2016 yılı genelinde Avrupa'da en fazla yolcuya hizmet veren havaalanlarının hizmet kalitesi performansları değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Skytrax internet sitesinden elde edilmiş olup kuyruk bekleme süresi, terminal temizliği, terminal oturma alanları, terminal işaret ve yönlendirme, yiyecek-içecek hizmetleri, havaalanı alışveriş mağazaları, wifi bağlantısı ve havaalanı personeli kriterleri ele alınmıştır. İlk olarak Entropi yöntemiyle yapılan ağırlıklandırma sonucunda önem katsayısı en yüksek kriterler sırasıyla wifi bağlantısı, terminal oturma alanları ve kuyruk bekleme süresi olarak belirlenmiştir. Ardından TOPSIS yöntemi ile havaalanları değerlendirilerek sıralanmıştır. Bunun sonucunda en yüksek hizmet kalitesine sahip havaalanının Münih Havaalanı olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok Kriterli Karar Verme, Entropi, TOPSIS, Havaalanları

## Abstract

In today's changing conditions of competition, service quality has become a key factor in providing a competitive advantage by serving more passengers and airline companies in airports. Since airport service quality is seen as an important factor in this respect, in this study, performance of service quality of the airports serving the most passengers in Europe in 2016 was evaluated. The data used in study were obtained from the Skytrax website and included queuing times, terminal cleanliness, terminal seating, terminal signs, food beverages, wifi connectivity and airport staff criteria. Firstly, the most important criteria for entropy weighting are wifi connectivity, terminal seating and queuing times, respectively. Then the TOPSIS method was used to sort the airports. As a result, it is determined that the airport with the highest performance of service quality is Munich Airport.

**Keywords:** Multi Criteria Decision Making, Entropy, TOPSIS, Airports

<sup>1</sup> Arş.Gör., Anadolu Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, [mahmutbakir@anadolu.edu.tr](mailto:mahmutbakir@anadolu.edu.tr)

<sup>2</sup> Arş.Gör., Anadolu Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, [sakan@anadolu.edu.tr](mailto:sakan@anadolu.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Küresel olarak havayolu yolcu talebi 1997 yılından beri her yıl ortalama %5.2 oranında artış göstermiştir (IATA, 2011). Bu süreçte havayolu endüstrisi 2016 yılı içerisinde 3.6 milyar yolcuya hizmet vermiş ve 2050 yılı için bu sayının 16 milyar yolcuya ulaşacağı tahmin edilmektedir (IATA, 2011). Havayolu taşımacılığındaki bu gelişmeler ve büyüme tahminleri özellikle yolcu sayısı ve yolcuya sağlanan hizmet arasındaki eşit büyüme dengesini hizmet kalitesi açısından oldukça önemli hale getirmiştir (Pandey, 2016). Bu doğrultuda havaalanları, yolculara sunulan hizmet performansını arttırmak adına havaalanı altyapı sistemlerinde önemli derecede iyileştirmeye giderek yolcu odaklı bir yaklaşım benimsemeye başlamıştır (Pantouvakisa & Renzi, 2016).

Günümüz havaalanlarında hizmet kalitesi, rekabetçi üstünlük sağlamak için önemli bir kurumsal strateji olarak görülmektedir (Lupo, 2015). Bununla birlikte, hizmet kalitesi yolcu deneyimiyle ilişkili olmasından ötürü her yolcu için farklı anlamlar ifade etmektedir. Bundan dolayı hizmet kalitesinin tanımlanması ve ölçülebilmesi oldukça zordur. Alan yazın incelendiğinde hizmet kalitesine ilişkin yapılmış farklı tanımlamalar bulunmasına karşın (Albayrak, 2014), kavram genel olarak müşterilerin hizmeti almadan önceki hizmet performansı beklentileri ile hizmeti aldıktan sonraki algıları arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Asubonteng, McCleary, & Swan, 1996, s. 64). Bu konu havaalanı hizmet kalitesi açısından değerlendirildiğinde havaalanı hizmet kalitesi, yolculara sunulan hizmetlerin yolcuların beklentilerini karşılama düzeyi ile ortaya çıkan memnuniyet derecesi olarak açıklanabilir. Havaalanı hizmet kalitesi, havaalanlarının yolculara sunduğu yiyecek içecek hizmeti, internet erişim hizmetleri, alışveriş mağazaları hizmeti ve havaalanı personelinin hizmetleri gibi tüm somut ve soyut faktörlerin yolcuların beklentilerini hangi düzeyde karşıladığına bağlı olarak ortaya çıkan memnuniyet derecesidir (Albayrak, 2014).

Günümüz havayolu yolcuları değişen koşullarıyla birlikte artan alternatifler sonucu farklı havaalanları arasından seçim yapma imkânına sahip olmaya başlamıştır (Fodness & Murray, 2007). Bundan dolayı havaalanlarının, kullanıcıların taleplerini karşılamak adına hizmet kalitesini artırmak için kullanıcıların algılanan hizmet düzeylerine güçlü vurgular yapması artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Havaalanı hizmet kalitesi yolcu tercihlerini etkileyen unsurlardan biri olmasından ötürü rekabet avantajı sağlamada önemli bir belirleyici etken olarak görülmektedir (Pantouvakisa & Renzi, 2016). Bu kapsamda havaalanı hizmet kalitesinin rekabetçi üstünlük sağlamak noktasında önemli bir değişken olarak görülmeye başlanması özellikle son yıllarda havaalanı hizmet kalitesi ile ilgili yapılan çalışmaların önemli ölçüde artmasına neden olmuştur (Albayrak, 2014; Pandey, 2016; Bezerra & Gomes, 2016; Kurniawan, Samuel, & Davoudi, 2017; Prakash & Barua, 2016).

Alan yazın incelendiğinde hizmet kalitesi ölçümüne ilişkin birçok modelin önerildiği ve birçok farklı kuruluş tarafından çeşitli değerlendirme denemelerinin yapıldığı görülmüştür. Bu kuruluşlardan biri olan Skytrax ağırlıklı olarak havacılık sektöründe araştırma ve danışmanlık hizmeti veren Londra (İngiltere) merkezli bir danışmanlık firmasıdır. Hiçbir havayolu ya da havaalanı işleticisi ile finansal herhangi bir bağlantısı olmayan bu kuruluş, yolcu görüşleri doğrultusunda havayolu ve havaalanı işleticileri hakkında derecelendirme ve sıralama yapan bağımsız bir platformdur. Skytrax, “Dünya Havaalanı Ödülleri” ve “Dünya Havayolu Ödülleri” adı altında her yıl düzenlenen ve kalite performanslarına göre hava taşımacılığı endüstrisinin derecelendirildiği ve sıralandığı organizasyon ile adını duyurmuştur (Skytrax, 2017).

Skytrax dünya genelinde 700’den fazla havaalanını kapsayan ve birçok havaalanı için kullanıcılara ilgili havaalanını değerlendirme imkânı veren dünyanın en büyük havaalanı değerlendirme sitelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Skytrax özellikle havaalanı

kalitesine ilişkin olarak bağlantılı uçuş yapacak ve transfer sürecinde ilgili havaalanında kısa da olsa vakit geçirecek yolculara ilişkin faydalı bilgiler sağlamaktadır. Bu durumda bir noktadan diğerine seyahat edecek yolculara farklı havaalanı seçeneklerinden birini tercih etme olanağı sağlayan Skytrax havaalanları arasındaki rekabeti de artırmaktadır. Bundan dolayı Skytrax düşük kalitede hizmet veren havaalanlarının tercih kararlarını etkileyebileceği için kaliteye ilişkin rekabetçi üstünlük sağlayan havaalanlarına bu alanda yetkinlik kazandıracığı düşünülmektedir (Perezgonzalez & Gilbey, 2011).

Bu çalışma 2016 yılında Avrupa genelinde en yoğun yolcu trafiğine sahip 10 havaalanının hizmet kalitelerinin, çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Entropi ve TOPSIS yöntemleri ile incelenmesini amaçlamıştır. Çalışmada havaalanlarının hizmet kalitelerinin değerlendirilmesinde kullanılan; kuyruk bekleme süresi, terminal temizliği, terminal oturma alanları, terminal işaret ve yönlendirme, yiyecek-icecek hizmetleri, havaalanı alışveriş mağazaları, wifi bağlantısı ve havaalanı personeli kriterlerine ilişkin veriler Skytrax internet sitesinden elde edilmiştir. Havaalanı kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin önem katsayıları Entropi yöntemi ile belirlenmiş, havaalanlarının hizmet kalitesine göre sıralanmasında ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada ilk olarak Entropi ve TOPSIS yönteminin kullanıldığı çalışmaların literatür tablosu verilmiş daha sonra çalışmada kullanılacak olan yöntemler ve uygulama adımları açıklanmıştır. Son olarak araştırmanın uygulama kısmı yapılarak elde edilen bulgular sonuç ve öneriler bölümünde değerlendirilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Entropi ve TOPSIS ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Entropi ve TOPSIS Yöntemleri ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar

| Entropi Yönteminin Kullanıldığı Bazı Çalışmalar |  |
|---|--|
| Üretim Verilerinin Değerlendirilmesi            | (Song, Zhu, Peng, & Gonzalez, 2017)  |
| Kurumsal Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi      | (Aras, Tezcan, Furtuna, & Kazak, 2017)   |
| Havayolu Performans Değerlendirmesi             | (Ömürbek & Balcı, 2017)  |
| Tedarikçi Seçimi                                | (Shemshadi, Shirazi, Toreihi, & Tarokh, 2011; Liu & Zhang, 2011)                             |
| Coğrafi Pazar Seçimi                            | (Yavuz, 2016)  |
| Risk Değerlendirmesi                            | (Liu, Zhao, Weng, & Liua, 2017)  |
| Pazar Bölümlemesi                               | (D’Urso, De Giovanni, Disegna, & Massari, 2013)  |
| Finansal Etkinliğin Değerlendirilmesi           | (Çatı, Eş, & Özevin, 2017)   |
| Havaalanı Ramp Emniyetinin Değerlendirilmesi    | (Gonçalves & Correia, 2016)  |
| Müşteri Tatminin Değerlendirilmesi              | (Li, Liu, & Li, 2014)  |
| Kurumsal Performans Ölçümü                      | (Öznel, Köse, & Aytekin, 2012; Tunca, Ömürbek, Cömert, & Aksoy, 2016; Ömürbek & Aksoy, 2016) |
| Materyal Seçimi                                 | (Hafezalkotob & Hafezalkotob, 2016)  |

| <b>TOPSIS Yönteminin Kullanıldığı Bazı Çalışmalar</b>  |   |
|--|---|
| Havayolu Birleşme Faktörlerinin Değerlendirilmesi      | (Shyr & Kuo, 2008)  |
| Havayolu Uçak Seçimi                                   | (Çokorilo, Gvozdrenović, Miroslavljević, & Vasov, 2010)   |
| Performans Değerlendirmesi                             | (Demireli & Tükenmez, 2012; Barros & Wanke, 2015; Orçun & Eren, 2017)                                       |
| Materyal Seçimi  | (Mousavi-Nasab & Sotoudeh-Anvari, 2017)   |
| Üretim Seçeneklerinin Değerlendirilmesi                | (Mishra, Pundir, & Ganapathy, 2017)   |
| Finansal Performans Değerlendirme                      | (Burcu, 2012; Ömürbek & Kınay, 2013; Temizel & Bayçelebi, 2017; Gümüş, Özdağoğlu, Gümüş, & Özdağoğlu, 2017) |
| Şehirlerin Yenilik Potansiyellerinin Değerlendirilmesi | (Luty, Kozuch, Makutėnas, & Butvilaitė, 2015)   |
| İşgücü Performansı Değerlendirmesi                     | (Karakaş, Kınır, & Öztel, 2016)   |
| Tedarikçi Seçimi                                       | (Bhutia & Phipon, 2012; Çalışkan, Kurşuncu, Kurbanoglu, & Güven, 2012)                                      |
| Emniyet Değerlendirmesi                                | (Li, ve diğerleri, 2011)  |
| Lokasyon Seçimi  | (Chang, Liao, Tseng, & Liao, 2015; Manc'ev, 2016; Elgün & Aşıkoglu, 2017)                                   |

Araştırmacılar tarafından önerilen birçok kriter ağırlıklandırma yöntemi olmasına rağmen bu yöntemler arasında en fazla kullanılan yöntemlerden biri Entropi yöntemidir (Alp, Öztel, & Köse, 2015). Entropi yöntemi son yıllarda fen bilimlerinde olduğu gibi sosyal bilimlerde de sıkça kullanılmaya başlanan bir yöntem haline gelmiştir (Çatı, Eş, & Özevin, 2017). Alan yazında Entropi ağırlığının TOPSİS, ELECTRE, SAW, MAUT ve WASPAS gibi farklı yöntemlerle birlikte kullanıldığı görülmüştür.

TOPSİS ise, çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olup seçenekleri sıralama amacıyla kullanılmakta olan bir yöntemdir. Bu yöntem diğer yöntemlere göre kullanımının oldukça kolay ve pratik olmasından dolayı sıkça tercih edilmektedir. TOPSIS yöntemi havayolu uçak seçimi, tedarikçi seçimi, lokasyon seçimi ve materyal seçiminin yanı sıra performans değerlendirme, emniyet değerlendirme ve havayolu birleşme faktörlerinin değerlendirilmesi gibi birçok alanda çeşitli seçim ve değerlendirme süreçlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada her iki yöntem de havaalanı hizmet kalitesi performansını değerlendirme amacıyla kullanılmıştır (Çatı, Eş, & Özevin, 2017).

### 3. YÖNTEM

#### 3.1.Çalışma Kapsamında Kullanılan Veri Seti

Bu çalışmada 2016 yılı verilerine göre Avrupa'nın en yoğun yolcu trafiğine sahip on havaalanının hizmet kalitesinin Skytrax tarafından belirlenip yolcu değerlendirmesine sunulan kriterlere göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle ACI (2016) verilerine göre Avrupa'nın en yoğun yolcu trafiğine sahip 10 havaalanı seçilmiş ve ilgili örnekleme Tablo 2'de yer verilmiştir.

**Tablo 2.** Çalışma Kapsamına Alınan Havaalanları

| IATA Kodu | Havaalanı                              | Yolcu Sayısı (2016) |
|-----------|--|---------------------|
| LHR       | Heathrow Havaalanı                     | 75.714.970          |
| CDG       | Charles de Gaulle Havaalanı            | 65.935.748          |
| AMS       | Amsterdam Schiphol Havaalanı           | 63.618.867          |
| FRA       | Frankfurt Havaalanı                    | 60.786.937          |
| IST       | İstanbul Atatürk Havaalanı             | 60.011.454          |
| MAD       | Adolfo Suárez Madrid-Barajas Havaalanı | 50.400.442          |
| BCN       | Barcelona El Prat Havaalanı            | 44.131.031          |
| LGW       | Londra Gatwick Havaalanı               | 43.136.047          |
| MUC       | Münih Havaalanı                        | 42.261.309          |
| FCO       | Roma Fiumicino Havaalanı               | 41.738.662          |

Çalışmada kullanılan değerlendirme kriterleri ve karar alternatiflerine ait değerler Skytrax internet sitesi üzerinden yapılan yolcu değerlendirmelerini temel almaktadır (airlinequality, 2017). İlgili sitede havaalanlarında hizmet kalitesi değerlendirme kriteri olarak ele alınmış unsurlar Tablo 3’de sıralanmıştır.

**Tablo 3.** Çalışmada Kullanılan Seçim Kriterleri ve Kriter Kodları

| Kriter Kodları | Kriterler                      |
|----------------|--------------------------------|
| H1             | Kuyruk bekleme süresi          |
| H2             | Terminal temizliği             |
| H3             | Terminal oturma alanları       |
| H4             | Terminal işaret ve yönlendirme |
| H5             | Yiyecek-içecek hizmetleri      |
| H6             | Havaalanı alışveriş mağazaları |
| H7             | Wifi bağlantısı                |
| H8             | Havaalanı personeli            |

Çalışmada kullanılan kriterler Tablo 3’ de görüldüğü gibi hizmet alırken gerçekleşen bekleme süresi, terminal tasarımına ilişkin oturma alanı ve yönlendirme işaretleri, kablosuz ağ bağlantısı, yiyecek-içecek ve alışveriş olanakları ve personellerin tutumu gibi birçok farklı unsuru kapsamaktadır. Skytrax internet sitesi üzerinden değerlendirme yapan yolcular ziyaret ettikleri havaalanlarını yukarıda belirtilen kriterlere göre 5 puan üzerinden değerlendirmektedirler.

### 3.2.Entropi Yöntemi

Çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan ağırlık katsayıları, kriterlerin görece önemlerinin bir ifadesidir. Her bir kriterin değerlendirilmesi esnasında farklı kaynaklar ve düşünceler yer aldığı için tüm kriterlerin eşit ağırlıkta olduğunu varsayamayız. Bu sebeple ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilirken iki farklı yöntem benimsenir. Bunlar subjektif ağırlıklandırma ve objektif ağırlıklandırma yöntemleridir. Subjektif ağırlıklandırma da karar vericilerin değerlendirmeleri esas alınırken objektif ağırlıklandırma da kriter ağırlıkları birtakım matematiksel modeller yardımıyla belirlenir. Literatürde birçok objektif ağırlıklandırma yöntemi önerilmesine karşın bu yöntemlerden biri de Entropi yöntemidir (Wang & Lee, 2009).

Entropi kavramı literatürde ilk kez Rudolp Clausius tarafından 1865 yılında öne sürülmüş olup bir sistem içerisindeki düzensizliğin ve belirsizliğin bir ölçüsü olarak tanımlanmıştır. Günümüzde birçok alanda kullanılan Entropi kavramı daha sonra Shannon (1948) tarafından ilk kez "İletişimin matematiksel teorisi" aslı eserinde tanıtılmış ve "Enformasyon Entropisi" teorisinin temel dayanağını oluşturmuştur (Akçakanat, Eren, Aksoy, & Ömürbek, 2017). Enformasyon entropisi teorisine göre karar alma sürecinde sahip olunan bilginin kalitesi veya niceliği problemin çözümünde doğru ve güvenilir çözümün belirleyicisidir. Bu nedenle karar verme sürecinde farklı değerlendirme durumlarının gerçekleştirilmesinde Entropi yöntemi sağlanan faydalı bilginin miktarını ölçmek için kullanılmaktadır (Wu, Sun, Liang, & Zha, 2011).

Entropi yönteminin temelinde enformasyonun veri kümeleri arasındaki zıtlıktan kaynaklandığı fikri yatmaktadır. Başka bir deyişle önem katsayıları alternatif değerlerinin ilgili kritere göre değişkenliği oranında şekillenir ve karşıtlığın yoğunluğu olarak adlandırılır. Alternatif değerleri arasındaki bu karşıtlık ile buradan sağlanan bilgi doğru orantılıdır (Konuşkan & Uygun, 2014). Entropi yöntemi çok kriterli karar verme problemlerinde ikili karşılaştırma gerektirmemesi nedeniyle ağırlıklandırma için oldukça uygun bir yöntemdir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için sadece karar matrisinin oluşturulmuş olması yeterlidir (Özdağoğlu, Yakut, & Bahar, 2017).

Entropi ile ağırlıklandırma işleminde uygulanan adımlar aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir (Perçin & Çakır, 2013; Shemshadi, Shirazi, Toreihi, & Tarokh, 2011; Ömürbek & Aksoy, 2016; Özdağoğlu, Yakut, & Bahar, 2017).

#### **Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması**

Entropi yönteminin ilk adımında eşitlik (1) yardımıyla oluşturulan karar matrisi oluşturulur.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

#### **Adım 2: Normalizasyon İşleminin Gerçekleştirilmesi**

Entropi yönteminin bu adımında karar matrisi ortak bir birime dönüştürülmek amacıyla normalize edilir. Bu adımda kriterler fayda ve maliyet fonksiyonları ayırt etmeksizin eşitlik (2) yardımıyla normalize edilir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^j a_{ij}} \quad (2)$$

Normalizasyon işlemi sonrasında  $R = [r_{ij}]_{m \times n}$  matrisi elde edilir.

#### **Adım 3: Kriterlere İlişkin Entropi Değerlerinin ( $e_j$ ) Hesaplanması**

Bu adımda kriterlere ait entropi değerleri eşitlik (3) yardımıyla hesaplanır.

$$e_j = -k \sum_{j=1}^n r_{ij} \cdot \ln(r_j) \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (3)$$

Bu notasyonda  $e_j$ , j. Kriterinin entropi değerini göstermektedir ve  $0 \leq e_j \leq 1$  arasında yer almaktadır.



#### **Adım 4: Bilginin Farklılaşma Derecesinin ( $d_j$ ) Hesaplanması**

$$d_j = 1 - e_j \quad (i = 1,2,3, \dots m \text{ ve } j = 1,2,3, \dots, n) \quad (4)$$

Bu adımda hesaplanan  $d_j$  değerlerinin yüksek olması kriterlere ilişkin alternatif değerleri arasında karşıtlığın yoğunluğunu başka bir deyişle farklılığın fazla olduğunu göstermektedir.

#### **Adım 5: Kriter Ağırlıklarının ( $w_j$ ) Hesaplanması**

Yöntemin son adımını oluşturan bu aşamada her bir kriter için entropi ağırlıkları elde edilir.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^n (1 - e_j)} \quad (5)$$

Bu durumda  $w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_n = 1$  eşitliği geçerli olur.

Görüldüğü gibi Entropi yöntemi objektif değerlendirmelerde kullanıma oldukça uygun olmasından dolayı son yıllarda yöntemin literatür içerisinde kullanım sıklığı artış göstermektedir.

### **3.2.TOPSIS Yöntemi**

Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi sık kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Yöntem temeli pozitif ideal çözüm noktasına en yakın ve negatif ideal çözüm noktasına en uzak alternatifin seçilmesi esasına dayanmaktadır (Uygurtürk & Korkmaz, 2012). Yöntemde uzaklıkların hesaplanmasında ise sıklıkla öklidyen uzaklık kullanılmaktadır (Tzeng & Huang, 2011).

TOPSIS yöntemi çözüm esnasında pozitif ideal çözüm (PIS) ve negatif ideal çözüm (NIS) noktalarını dikkate alırken pozitif ideal çözüm faydanın en yüksek, maliyetin en düşük olduğu noktayı; negatif ideal çözüm ise maliyetin en yüksek ve faydanın en düşük olduğu noktayı ifade etmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus en uygun alternatifin sadece pozitif ideal noktaya en yakın değil aynı zamanda negatif ideal noktaya da en uzak mesafede bulunan alternatif olması gerektiğidir (Dumanoğlu & Ergül, 2010). Başka bir deyişle en iyi alternatif, problemde yer alan tüm kriterlere göre en uygun alternatiftir (Chen & Tzeng, 2004).

TOPSIS yönteminin hesaplanmasının kolay olması, basit ve anlaşılabilir bir yapıda olması ve basit matematiksel modeller yardımıyla alternatiflerin performanslarının değerlendirilmesine olanak vermesi nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır (Yeh, 2002).

TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşan bir hesaplama sürecine sahip olmakla birlikte ilgili adımlar aşağıdaki gibi açıklanmıştır (Uygurtürk & Korkmaz, 2012; Özdağoğlu, 2012).

#### **Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması**

TOPSIS yönteminin uygulamasında öncelikle karar vericiler yardımıyla karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinin satırlarında karar alternatifleri, sütunlarında ise problemde kullanılacak kriterler yer alır. Eşitlik (6) ile oluşturulan karar matrisi aşağıdaki gibidir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$A_{ij}$  matrisinde  $m$  karar alternatifi sayısını,  $n$  ise problemde yer alan kriter sayısını belirtir.

### **Adım 2: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması**

Normalize edilmiş karar matrisi,  $A$  matrisinin elemanları kullanılarak eşitlik (7) yardımıyla oluşturulur. Normalizasyon işleminin amacı verileri farklı birimlerden olma ihtimallerine karşın 0 ile 1 arasında standart bir değere kavuşturmadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, p) \quad (7)$$

### **Adım 3: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin (V) Oluşturulması**

Yöntemin bu adımında normalize edilmiş karar matrisi kriterlere ilişkin önem katsayıları ( $w_i$ ) ile çarpılır ve ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta  $w_i$  değerlerinin toplamının 1 sayısını vermesidir. Eşitlik (8) yardımıyla oluşturulan  $V$  matrisi aşağıdaki gibidir.

$$v_{ij} = r_{ij} \cdot w_{ij} \quad (8)$$

### **Adım 4: Pozitif İdeal ( $A^+$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözümlerin Elde Edilmesi**

TOPSIS yönteminin temelini oluşturan pozitif ideal çözüme (PIS) yakınlık ve negatif ideal çözüme (NIS) uzaklık koşulunun sağlanması için öncelikle bu değerlerin elde edilmesi gerekir. Bu çözümlerin elde edilmesinde ağırlıklandırılmış karar matrisi değerleri esas alınır.

Pozitif ideal çözümün elde edilmesinde  $V$  matrisinin sütun değerlerinin en yüksek (ilgili ölçüt maliyet yönlü ise en düşük), negatif ideal çözümün elde edilmesinde ise sütun değerlerinin en düşük (ilgili ölçüt fayda yönlü ise en yüksek) seçilir. Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesinde eşitlik (9) ve eşitlik (10) kullanılır.

✓ *Pozitif ideal çözüm için:*

$$A^+ = \{(\max_i v_{ij} | j \in J), \quad (\min_i v_{ij} | j \in J')\} \quad (9)$$

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\}$$

✓ *Negatif ideal çözüm için:*

$$A^- = \{(\min_i v_{ij} | j \in J), \quad (\max_i v_{ij} | j \in J')\} \quad (10)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

Yukarıda yer alan her iki formülde de  $J$  fayda,  $J'$  ise maliyet değerini göstermektedir. Hem pozitif ideal çözüm kümesi hem de negatif ideal çözüm kümesi ( $m$ ) elemandan oluşmaktadır.

### **Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması**

Yöntemde en uygun alternatifi belirlemede her bir karar alternatifinin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm noktalarına olan uzaklığına bakılmaktadır. Bu uzaklık değerleri Öklidyen uzaklık yardımıyla elde edilirken pozitif ideal çözüme uzaklık  $S_i^+$  ve negatif ideal çözüme uzaklık  $S_i^-$  olarak adlandırılır. Pozitif ideal çözüme uzaklık değerinin ( $S_i^+$ ) hesaplanması için eşitlik (11) kullanılırken, negatif ideal çözüme uzaklık değerinin ( $S_i^-$ ) hesaplanması için ise eşitlik (12) kullanılmaktadır.



$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (12)$$

Bu adımda hesaplanan  $S_i^+$  ve  $S_i^-$  değeri sayısı karar alternatifi sayısı kadardır.

#### ***Adım 6: İdeal Çözüme Görece Yakınlık Değerinin ( $C_i^+$ ) Hesaplanması***

Her bir karar alternatifinin ideal çözüme görece uzaklığının ( $C_i^+$ ) hesaplanması işlemi pozitif ideal çözüme uzaklık ( $S_i^+$ ) ve negatif ideal çözüme uzaklık ( $S_i^-$ ) değerlerinden yararlanılmaktadır.  $C_i^+$  değerinin hesaplanmasında eşitlik (13) kullanılmaktadır. Bu durumda:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (13)$$

Bu adımda hesaplanan  $C_i^+$  değeri 0 ile 1 arasında bir değer almakla birlikte  $C_i^+=1$  karar alternatifinin pozitif ideal çözüme,  $C_i^+=0$  ise alternatifinin negatif ideal çözüme olan mutlak yakınlığını göstermektedir.

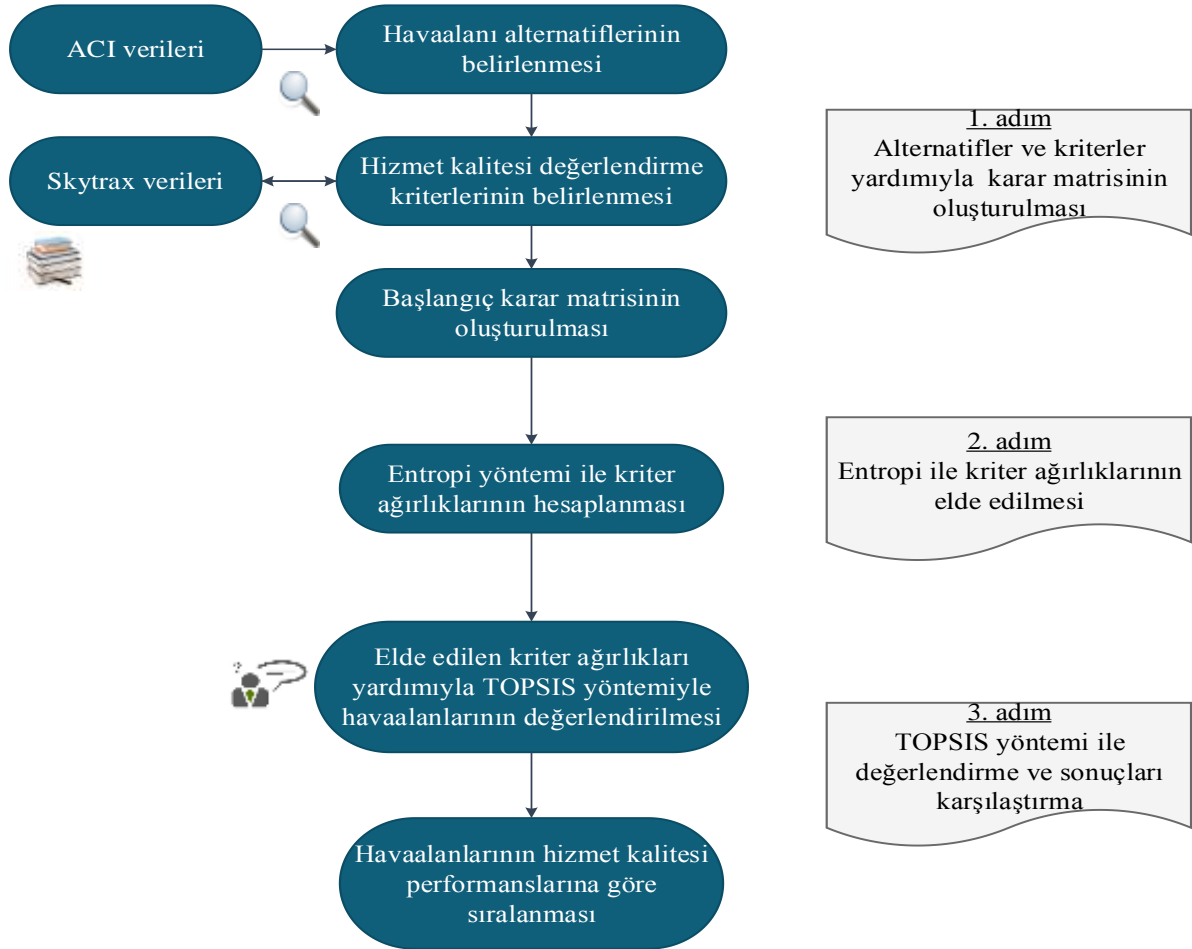
TOPSIS yönteminde son olarak elde edilen  $C_i^+$  değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak karar alternatiflerinin performansları değerlendirilir.

## **4. BULGULAR**

Çalışmanın bu bölümünde seçilmiş havaalanları belirlenen kriterlere göre hizmet kalitesi performanslarına göre Entropi ve TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilmiş ve sıralanmıştır. 2001'den beri havacılık alanında çeşitli dallarda ödüller veren ve sektörde en prestijli havacılık ödüllerini dağıtan Skytrax kuruluşunun verilerinin kullanıldığı bu çalışmada 1 Ocak 2016-30 Ağustos 2017 tarihleri arasında yapılan yolcu değerlendirmeleri dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, toplam 890 yolcu çalışmanın örneklemini oluştururken bu yolcular tarafından yapılan yorumlar dikkate alınmıştır. Yolcu sayısı değerlendirilen havaalanı bazında ele alındığında<sup>3</sup> LHR için 156, CDG için 139, AMS için 141, FRA için 61, IST için 73, MAD için 32, BCN için 69, LGW için 139, MUC için 42 ve FCO için 38 değerlendirme yapıldığı gözlenmiştir.

Çalışmada öncelikle havaalanları için her kriterle yönelik verilen puanların aritmetik ortalaması alınarak başlangıç karar matrisi oluşturulmuştur. Sonraki adımda kriterlere ilişkin alternatif değerleri kullanılarak Entropi yöntemi ile kriterlerin önem katsayıları hesaplanmış ve TOPSIS yöntemi ile performans değerlendirmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde "Microsoft Office Excel 2016" paket programı kullanılmıştır ve çalışmada önerilen çözüm akışı Şekil 1'de gösterilmiştir.

<sup>3</sup> Bu bölümde yolcuların hakkında değerlendirme yaptıkları havaalanları IATA kodları ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada önerilen çözüm akışı

#### 4.1. Entropi ile Önem Katsayılarının Elde Edilmesi

##### Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması

Diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinde olduğu gibi Entropi yönteminde de ilk adımda karar matrisi oluşturulmaktadır. Uygulama için oluşturulan karar matrisi aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 4. Havaalanları için Performans Kriterlerine İlişkin Karar Matrisi

| Havaalanı | Fayda | Fayda | Fayda | Fayda | Fayda | Fayda | Fayda | Fayda |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | H1    | H2    | H3    | H4    | H5    | H6    | H7    | H8    |
| LHR       | 2,571 | 3,622 | 3,151 | 3,516 | 3,589 | 3,510 | 3,263 | 2,680 |
| CDG       | 1,777 | 2,842 | 2,500 | 2,403 | 2,268 | 2,523 | 2,639 | 1,924 |
| AMS       | 1,950 | 3,369 | 2,814 | 3,206 | 3,000 | 3,308 | 3,178 | 2,385 |
| FRA       | 2,689 | 3,426 | 3,170 | 2,918 | 2,826 | 2,875 | 3,359 | 2,537 |
| IST       | 1,918 | 2,260 | 1,851 | 2,452 | 2,403 | 2,635 | 1,482 | 1,886 |
| MAD       | 2,938 | 3,688 | 2,857 | 2,438 | 2,778 | 2,750 | 2,400 | 2,071 |
| BCN       | 1,725 | 2,855 | 2,069 | 2,072 | 2,020 | 2,267 | 1,905 | 1,738 |
| LGW       | 2,050 | 2,655 | 2,067 | 2,568 | 2,419 | 2,42  | 1,959 | 2,175 |
| MUC       | 2,619 | 3,881 | 3,378 | 3,262 | 3,371 | 3,516 | 3,415 | 2,571 |
| FCO       | 2,711 | 3,184 | 2,343 | 2,447 | 2,548 | 2,857 | 3,172 | 2,189 |

Karar matrisinin satırlarında sıralamaya tabi tutulan karar alternatifleri, sütunlarında ise değerlendirme kriterler yer almaktadır. Çalışmada 10 karar alternatifi ve 8 değerlendirme kriteri kullanılmıştır.

### **Adım 2: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Elde Edilmesi**

Bu adımda karar matrisi eşitlik (2) yardımıyla fayda ve maliyet özelliklerine göre normalize edilmiştir. Başka bir deyişle, her bir alternatife ait sütun değeri sütun toplamına bölünmek suretiyle normalize edilmiştir. Örneğin; LHR alternatifi için H1 kriterine göre normalizasyon işlemi Tablo 4'de görülen sütun değerinin (2,571) sütun toplamına bölünmesiyle elde edilmiştir. Normalizasyon işlemi sonrası elde edilen karar matrisi Tablo 5'de görülmektedir.

**Tablo 5.** Entropi Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Karar Matrisi

| Havaalanı | H1        | H2        | H3        | H4        | H5        | H6        | H7        | H8        |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| LHR       | 0,1120359 | 0,1139639 | 0,1202672 | 0,1288762 | 0,1318419 | 0,1224661 | 0,1218811 | 0,1209605 |
| CDG       | 0,0774359 | 0,0894217 | 0,0954198 | 0,0880801 | 0,0833150 | 0,0880290 | 0,0985731 | 0,0868388 |
| AMS       | 0,0849747 | 0,1060034 | 0,1074046 | 0,1175134 | 0,1102050 | 0,1154182 | 0,1187061 | 0,1076458 |
| FRA       | 0,1171780 | 0,1077969 | 0,1209924 | 0,1069570 | 0,1038131 | 0,1003105 | 0,1254669 | 0,1145062 |
| IST       | 0,0835803 | 0,0711094 | 0,0706489 | 0,0898761 | 0,0882742 | 0,0919368 | 0,0553563 | 0,0851237 |
| MAD       | 0,1280286 | 0,1160405 | 0,1090458 | 0,0893629 | 0,1020498 | 0,0959492 | 0,0896459 | 0,0934736 |
| BCN       | 0,0751699 | 0,0898307 | 0,0789695 | 0,0759475 | 0,0742047 | 0,0790970 | 0,0711564 | 0,0784438 |
| LGW       | 0,0893324 | 0,0835379 | 0,0788931 | 0,0941280 | 0,0888619 | 0,0844353 | 0,0731735 | 0,0981675 |
| MUC       | 0,1141276 | 0,1221131 | 0,1289313 | 0,1195660 | 0,1238337 | 0,1226754 | 0,1275586 | 0,1160408 |
| FCO       | 0,1181367 | 0,1001825 | 0,0894275 | 0,0896928 | 0,0936008 | 0,0996825 | 0,1184820 | 0,0987994 |

### **Adım 3: Kriterlere İlişkin Entropi Değerlerinin ( $e_j$ ) Hesaplanması**

Bu adımda Tablo 5'de görülen normalize karar matrisi kullanılarak her bir kriterin entropi değeri ( $e_j$ ) hesaplanmıştır. Entropi değerlerinin hesaplanmasında öncelikle Tablo 5'de yer alan normalize edilmiş değerler ( $r_{ij}$ ) ile bu değerlerin logaritma değerleri ( $\ln(r_{ij})$ ) çarpılmıştır. Daha sonra bu işlem sonucu elde edilen  $r_{ij}$  ve  $\ln(r_{ij})$  değerlerinin toplamı alınarak  $e_j$  entropi değerleri eşitlik (3) yardımıyla hesaplanmıştır.

Eşitlik (3)'de yer alan " $k$ " değeri entropi katsayısı olmakla birlikte karar matrisinde yer alan alternatif sayısının logaritmik halidir. Örneğin bu çalışmada 10 karar alternatifi yer aldığı için " $n$ " değeri 10 olarak kabul edilmiş ve  $k = (\ln(n))^{-1}$  formülünden hareketle  $k = \frac{1}{\ln(10)} = 0,43429$  olarak dikkate alınmıştır. Bu adımda elde edilen tüm  $e_j$  değerleri Tablo 6'da görülmektedir. Eşitlik (3) yardımıyla elde edilen entropi değerleri Tablo 6'da görülmektedir.

**Tablo 6.** Kriterlere İlişkin ( $e_j$ ) Değerleri

| H1         | H2         | H3         | H4         | H5         | H6         | H7         | H8         |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0,99237672 | 0,99474127 | 0,99184986 | 0,99433376 | 0,99368464 | 0,99536124 | 0,98564238 | 0,99591950 |

**Adım 4: Bilginin Farklılaşma Derecesinin Hesaplanması**

Bu adımdan bulunun her bir ( $e_j$ ) değeri 1 sayısından çıkarılmış ve eşitlik (4) yardımıyla ( $d_j$ ) değerleri hesaplanmıştır. Örneğin; Tablo 6' da yer alan H1 değeri eşitlik (4) yardımıyla 1 sayısından çıkarılmış (1-0,99237672) ve sonuç Tablo 7'de H1 değerinde görüldüğü gibi bulunmuştur.

**Tablo 7.** Kriterlere İlişkin ( $d_j$ ) Değerleri

| H1         | H2         | H3         | H4         | H5         | H6         | H7         | H8         |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0,00762328 | 0,00525873 | 0,00815014 | 0,00566624 | 0,00631536 | 0,00463876 | 0,01435762 | 0,00408050 |

**Adım 5: Kriter Ağırlıklarının ( $w_j$ ) Hesaplanması**

Entropi yönteminin son adımını kriter ağırlıklarının elde edilmesi oluşturmaktadır. Bu adımda kriterlere ait Entropi ağırlıkları eşitlik (5) yardımıyla elde edilmiştir. Başka bir deyişle, eşitlik 5' te görüldüğü gibi " $1 - e_j$ " yani  $d_j$  değerleri satır toplamına bölünür ve kriter ağırlıkları elde edilir. Örneğin; H1'e ait kriter ağırlığının elde edilmesinde Tablo 7' de görülen H1 satır değerinin satır toplamına bölünmesi yoluna gidilmiştir. İlgili sonuçlar Tablo 8'de gösterilmiştir.

**Tablo 8.** Entropi Kriter Ağırlıkları

| H1         | H2         | H3         | H4         | H5         | H6         | H7         | H8         |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0,13590997 | 0,09375411 | 0,14530313 | 0,10101935 | 0,11259205 | 0,08270123 | 0,25597184 | 0,07274832 |

Yukarıda görülen 8 kritere ait  $w_j$  değerlerinin toplamı 1'e eşittir. Bu adımda elde edilen değerler bir sonraki aşama olan TOPSIS yöntemi uygulamasında kriter ağırlıkları olarak kullanılacaktır.

**4.2. TOPSIS Yöntemi ile Havaalanlarının Hizmet Kalitesi Performanslarının Değerlendirilmesi****Adım 1: Karar Matrisinin Oluşturulması**

TOPSIS yönteminin ilk adımında karar matrisi oluşturulmaktadır. Bu adımda kullanılacak karar matrisi Entropi yönteminde kullanılan karar matrisi ile aynı olduğu için bu aşamada yer verilmemiştir.

**Adım 2: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması**

Alternatiflere ait kriter değerlerinin sabit birime çevrilmesi amacıyla gerçekleştirilen normalizasyon işlemi için eşitlik (7)'den yararlanılmıştır. Örnek vermek gerekirse, LHR için H1 değerinin elde edilmesi amacıyla öncelikle Tablo 4' de görülen başlangıç matrisindeki satır değerinin karesi alınmış, ardından aynı satır değeri H1 sütunundaki değerlerin karelerinin toplamının kareköküne bölünmüştür. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 9'da görülmektedir.

**Tablo 9.** TOPSIS Yöntemine Göre Normalize Edilmiş Karar Matrisi

|            | H1        | H2        | H3        | H4        | H5        | H6        | H7        | H8        |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>LHR</b> | 0,3482317 | 0,3561989 | 0,3734438 | 0,4022603 | 0,4109124 | 0,3831891 | 0,3739513 | 0,3789726 |
| <b>CDG</b> | 0,2407344 | 0,2794771 | 0,2963087 | 0,2749044 | 0,2596466 | 0,2754281 | 0,3024523 | 0,2720118 |
| <b>AMS</b> | 0,2642118 | 0,3313167 | 0,3334658 | 0,3667489 | 0,3434478 | 0,3611391 | 0,3642218 | 0,3372856 |
| <b>FRA</b> | 0,3642175 | 0,3369619 | 0,3756957 | 0,3338345 | 0,3235393 | 0,3138299 | 0,3849414 | 0,3587513 |
| <b>IST</b> | 0,2598089 | 0,2222973 | 0,2193514 | 0,2805217 | 0,2751246 | 0,2876210 | 0,1698487 | 0,2666525 |
| <b>MAD</b> | 0,3979501 | 0,3626604 | 0,3386334 | 0,2788628 | 0,3180098 | 0,3001852 | 0,2750400 | 0,2929119 |
| <b>BCN</b> | 0,2336356 | 0,2807950 | 0,2452251 | 0,2370934 | 0,2312549 | 0,2474290 | 0,2182786 | 0,2457241 |
| <b>LGW</b> | 0,2777590 | 0,2610860 | 0,2450117 | 0,2938270 | 0,2769678 | 0,2641193 | 0,2244900 | 0,3075617 |
| <b>MUC</b> | 0,3548021 | 0,3816810 | 0,4004197 | 0,3731785 | 0,3859667 | 0,3838113 | 0,3913247 | 0,3636157 |
| <b>FCO</b> | 0,3671978 | 0,3131615 | 0,2776768 | 0,2799954 | 0,2917475 | 0,3118760 | 0,3635571 | 0,3095697 |

**Adım 3: Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin (V) Oluşturulması**

Ağırlıklandırma işlemi  $R$  matrisinde yer alan değerlerin kriter ağırlıkları ile çarpılması yoluyla gerçekleştirilir. Bu adımda Entropi yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak eşitlik (8) yardımıyla ağırlıklandırma yapılmıştır. Örneğin; LHR alternatifinin H1 kriteri için ağırlıklı normalize değeri bulunurken Tablo 9'daki normalize karar matrisinin aynı hücre değeri Tablo 8' deki H1 ağırlık katsayısı ile çarpılmıştır. Ağırlıklı normalize karar matrisi Tablo 10'da görülmektedir.

**Tablo 10.** Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

|                     | H1              | H2              | H3              | H4              | H5              | H6              | H7              | H8              |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>LHR</b>          | 0,047296        | 0,033381        | 0,054269        | 0,040616        | 0,046269        | 0,031716        | 0,095726        | 0,027597        |
| <b>CDG</b>          | 0,032696        | 0,026191        | 0,043060        | 0,027757        | 0,029236        | 0,022797        | 0,077423        | 0,019808        |
| <b>AMS</b>          | 0,035885        | 0,031049        | 0,048459        | 0,037031        | 0,038673        | 0,029891        | 0,093235        | 0,024561        |
| <b>FRA</b>          | 0,049468        | 0,031578        | 0,054596        | 0,033707        | 0,036431        | 0,025976        | 0,098539        | 0,026124        |
| <b>IST</b>          | 0,035287        | 0,020833        | 0,031876        | 0,028324        | 0,030979        | 0,023806        | 0,043479        | 0,019418        |
| <b>MAD</b>          | 0,054049        | 0,033987        | 0,049210        | 0,028157        | 0,035808        | 0,024846        | 0,070406        | 0,021330        |
| <b>BCN</b>          | 0,031732        | 0,026315        | 0,035636        | 0,023939        | 0,026040        | 0,020480        | 0,055876        | 0,017894        |
| <b>LGW</b>          | 0,037725        | 0,024468        | 0,035605        | 0,029668        | 0,031187        | 0,021861        | 0,057466        | 0,022397        |
| <b>MUC</b>          | 0,048189        | 0,035769        | 0,058189        | 0,037680        | 0,043460        | 0,031768        | 0,100173        | 0,026479        |
| <b>FCO</b>          | 0,049872        | 0,029348        | 0,040352        | 0,028271        | 0,032851        | 0,025814        | 0,093065        | 0,022543        |
| <b>Kriter Ağır.</b> | <b>0,135910</b> | <b>0,093754</b> | <b>0,145303</b> | <b>0,101019</b> | <b>0,112592</b> | <b>0,082701</b> | <b>0,255972</b> | <b>0,072748</b> |

**Adım 4: Pozitif İdeal ( $A^+$ ) ve Negatif İdeal ( $A^-$ ) Çözüm Değerlerinin Elde Edilmesi**

Bu adımda karar alternatiflerinin pozitif ideal ve negatif ideal karar noktasına olan uzaklıkları eşitlik (9) ve eşitlik (10) yardımıyla hesaplanır. Çalışmada yer alan değerlendirme kriterlerinin tümü fayda fonksiyonlu olduğu için formülde pozitif ideal çözüm değeri Tablo

10'daki sütun değerlerinin en büyük olanından, negatif ideal çözüm değeri ise Tablo 10'daki sütun değerlerinin en küçük olanından seçilmiştir. Örneğin; Tablo 10'daki H1 sütunundaki en büyük sayı MAD alternatifine ait 0,054049 olduğu için pozitif ideal çözüm değerleri olarak bu sayı belirlenmiştir. Öte yandan, aynı sütundaki en küçük değer BCN alternatifine ait 0,031732 olduğu için negatif ideal çözüm değerleri olarak bu sayı belirlenmiştir ve aynı işlem tüm kriterler için tekrarlanmıştır. Elde edilen çözüm kümeleri Tablo 11'de görülmektedir.

**Tablo 11.** Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Değerleri

| Pozitif İdeal Çözüm D. | 0,0540492 | 0,0357692 | 0,0581889 | 0,0406164 | 0,0462691 | 0,0317679 | 0,1001733 | 0,0275968 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Negatif İdeal Çözüm D. | 0,0317322 | 0,0208326 | 0,0318761 | 0,0239394 | 0,0260395 | 0,0204796 | 0,0434787 | 0,0178937 |

#### *Adım 5: Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması*

Bu adımda kriterlere ait pozitif ideal ( $A^+$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözüm değerleri kullanılarak alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıkları hesaplanır. Bu hesaplama işleminde öklidyen uzaklık kullanılır. Ağırlıklandırılmış normalize matris baz alınarak yapılan bu işlemde  $A^+$  ve  $A^-$  değerleri ağırlıklı değerlerden çıkarılarak kareleri alınır. Ardından satır değerleri toplamının karekökü alınarak sırasıyla  $S_i^+$  ve  $S_i^-$  değerleri elde edilir.

Örneğin LHR alternatifine ait  $S_i^+$  değerinin elde edilebilmesi için Tablo 10 ve Tablo 11 kullanılır. Bu amaçla Tablo 11'deki ilgili sütunun pozitif ideal çözüm değeri (0,0540492) Tablo 10'daki her bir sütun değerinde çıkartılarak karesi alınır. Daha sonra her alternatif için tüm sütunlarda elde edilmiş bu değerlerin toplamının karekökü alınır (LHR için bu değer 0,1449754 bulunmuştur). Eşitlik (11) ve eşitlik (12) yardımıyla hesaplanan ayırım ölçüleri Tablo 12'de görülmektedir.

**Tablo 12.** Alternatiflere İlişkin Ayırım Ölçüleri

|     | $S_i^+$   | $S_i^-$   |
|-----|-----------|-----------|
| LHR | 0,1449754 | 0,0673699 |
| CDG | 0,1101854 | 0,0366166 |
| AMS | 0,1328778 | 0,0577613 |
| FRA | 0,1412642 | 0,0654158 |
| IST | 0,0853899 | 0,0083460 |
| MAD | 0,1208404 | 0,0429037 |
| BCN | 0,0899011 | 0,0140672 |
| LGW | 0,0970785 | 0,0184438 |
| MUC | 0,1484625 | 0,0713721 |
| FCO | 0,1291935 | 0,0552039 |

#### *Adım 6: İdeal Çözüme Yakınlığın ( $C_i^+$ ) Hesaplanması*

TOPSIS yönteminin son adımında alternatiflerin ideal çözüme yakınlıkları hesaplanır. Bu işlem negatif ideal çözüm değerlerinin, kendisi ve pozitif ideal çözümler toplamına



bölünmesiyle elde edilirken eşitlik (13) yardımıyla gösterilir. Uygulama sonucunda elde edilen ( $C_i^+$ ) değerleri Tablo 13’de görülmektedir.

**Tablo 13.** Alternatiflerin İdeal Çözüme Yakınlık Değerleri

|     | $C_i^+$   | Sıralama |
|-----|-----------|----------|
| LHR | 0,3172657 | 2        |
| CDG | 0,2494288 | 7        |
| AMS | 0,3029875 | 4        |
| FRA | 0,3165076 | 3        |
| IST | 0,0890373 | 10       |
| MAD | 0,2620166 | 6        |
| BCN | 0,1353025 | 9        |
| LGW | 0,1596558 | 8        |
| MUC | 0,3246626 | 1        |
| FCO | 0,2993746 | 5        |

Son olarak alternatiflere ait  $C_i^+$  değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve en iyi performansa sahip alternatifin seçimi sağlanır.

## 5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyanın deyim yerindeyse küresel bir köy haline gelmesi ile birlikte toplumlar için hızlı ve konforlu ulaşım istekten öte bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle havayolu taşımacılığı sağladığı olanaklar nedeniyle her geçen gün artan bir şekilde tercih edilmektedir. Havayolu taşımacılığının gerçekleştiği mekânlar olan havaalanları ise aynı şekilde tercih edilerek şehirlerin dünyaya açılan kapıları olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Bu çalışmada da havaalanlarının günümüz toplumlarında artan öneminden yola çıkarak hizmet kalitesi performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Hizmetlerin yaygınlaşması ile birlikte hayatımızda daha önemli bir yere sahip olan hizmet kalitesi kuşkusuz milyonlarca kişi tarafından kullanılan havaalanlarında da oldukça önemli bir kavramdır. Bu kapsamda Avrupa’nın en fazla yolcu trafiğine sahip olan 10 havaalanının hizmet kalitesi performansları Sktrax verileri baz alınarak çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Entropi ve TOPSIS yönteminin kullanıldığı bu çalışmada 8 hizmet kalitesi kriteri değerlendirilmeye tabi tutulmuştur.

Entropi yöntemiyle yapılan ağırlıklandırma sonucu elde edilen bulgulara göre en önemli üç değerlendirme kriterinin 0,256 önem katsayısı ile Wifi bağlantısı olduğu, ardından ise sırasıyla terminal oturma alanları (0,145) ve kuyruk bekleme süresinin (0,136) geldiği tespit edilmiştir. Entropi sonuçlarına göre en önemsiz kriter havaalanı personeli (0,073) olarak görülmekle birlikte kriterlerin bu şekilde sıralanmasına sütun değerleri arasındaki standart sapma farkının neden olduğu söylenebilir. Başka bir deyişle Entropi yöntemi karşıtlığın (farklılık) yoğunluğunu önem işareti olarak kabul ettiği için Wifi bağlantısı kriterine ait sütun puanlarının havaalanı personeli kriterine ait sütun puanlarından daha farklı dağılması bu sonuca neden olmuştur.

Entropi yönteminin ardından TOPSIS ile yapılan değerlendirme işlemi sonrasında en yüksek hizmet kalitesine sahip havaalanının Münih Havaalanı (MUC) olduğu belirlenmiştir. Sıralamaya göre ikinci sırada Heathrow Havaalanı (LHR) ve üçüncü sırada ise Frankfurt

Havaalanı (FRA) yer almaktadır. İstanbul Atatürk Havaalanı (IST) ise son sırada yer almıştır. Bu sonucun gerçekleşmesinde bilindiği üzere Atatürk Havaalanı'nın hızla artan talebi karşılamaya yönelik kapasitesinin yetersiz olmasının neden olduğu söylenebilir. Bununla birlikte önümüzdeki süreçte hizmet verecek olan İstanbul Yeni Havaalanı'nın faaliyete girmesiyle kalite performansında önemli bir iyileşme görüleceği umulmaktadır.

Havaalanlarının hizmet kalitesi performanslarının değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada birtakım sınırlılıklar mevcuttur. Öncelikle analiz edilen Skytrax verileri sadece belirli tarihler arasında yapılmış yolcu değerlendirmelerini kapsamaktadır. Diğer yandan 10 havaalanı Skytrax tarafından belirlenmiş 8 kritere bağlı olarak değerlendirilmiştir. Kuşkusuz havaalanları gibi kompleks yapılarda hizmet kalitesi sadece 8 kriterle ele alınamayacak kadar geniş bir kavramdır ve doğal olarak birçok parametrenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu sebeple çalışma bulguları genelleştirici mahiyette kabul edilmemelidir. Tüm bunlara karşın bu çalışma ilgili verilerin havacılık literatüründe yeteri kadar yer bulamayan bu yöntemlerle bütünleşik olarak ele alınması çalışmanın özgün yönünü oluşturmaktadır. Bu sebeple çalışmanın gelecek araştırmalarda yol gösterici olması umulmaktadır. Ayrıca gelecek araştırmalarda daha büyük bir örneklemin kullanılması veya bulanık mantık yaklaşımı dâhil olmak üzere diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılmasının alana önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

- ACI. (2016). *Airport Traffic*. Ekim 5, 2017 tarihinde <https://www.aci-europe.org/policy/position-papers.html?view=group&group=1&id=11> adresinden alındı
- Airlinequality. (2017). *A-Z Airline Reviews*. Ekim 5, 2017 tarihinde <http://www.airlinequality.com/review-pages/a-z-airport-reviews/> adresinden alındı
- Akçakanat, Ö., Eren, H., Aksoy, E., & Ömürbek, V. (2017). Bankacılık Sektöründe Entropi ve WASPAS Yöntemleri ile Performans Değerlendirmesi. *Süleyman Demiral Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(2), 285-300.
- Albayrak, A. (2014). Hava Limanı Restoranlarında Hizmet Kalitesinin Önem Performans Analiziyle Değerlendirilmesi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 6(3), 157-178.
- Alp, İ., Öztel, A., & Köse, M. S. (2015). Entropi Tabanlı MAUT Yöntemi ile Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansı Ölçümü; Bir Vaka Çalışması. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 65-81.
- Aras, G., Tezcan, N., Furtuna, O., & Kazak, E. (2017). Corporate sustainability measurement based on entropy weight and TOPSIS: A Turkish banking case study. *Meditari Accountancy Research*, 25(3), 391-413.
- Asubonteng, P., McCleary, K. J., & Swan, J. E. (1996). SERVQUAL revisited: a critical review of service quality. *Journal of Services Marketing*, 10(6), 62-81.
- Barros, C. P., & Wanke, P. (2015). An analysis of African airlines efficiency with two-stage TOPSIS and neural networks. *Journal of Air Transport Management*(44-45), 90-102.
- Bhutia, P. W., & Phipon, R. (2012). Application of AHP and TOPSIS Method for Supplier Selection Problem. *IOSR Journal of Engineering*, 2(10), 43-50.
- Burcu, B. K. (2012). Application of TOPSIS Technique for Financial Performance Evaluation of Technology Firms in Istanbul Stock Exchange Market. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*(62), 1033-1040.

- Chang, K. L., Liao, S. K., Tseng, T. W., & Liao, C. Y. (2015). An ANP based TOPSIS approach for Taiwanese service apartment location selection. *Asia Pacific Management Review*, 20(2), 49-55.
- Chen, M. F., & Tzeng, G. H. (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. *Mathematical and Computer Modelling*, 40(13), 1473-1490.
- Čokorilo, O., Gvozdrenović, S., Miroslavljević, P., & Vasov, L. (2010). Multi attribute decision making: Assessing the technological and operational parameters of an aircraft. *Transport*, 25(4), 352-356.
- Çalışkan, H., Kurşuncu, B., Kurbanoglu, C., & Güven, Ş. y. (2012). TOPSIS Metodu Kullanılarak Kesici Takım Malzemesi Seçimi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3), 35-42.
- Çatı, K., Eş, A., & Özevin, O. (2017). Futbol Takımlarının Finansal Ve Sportif Etkinliklerinin Entropi Ve TOPSIS Yöntemiyle Analiz Edilmesi: Avrupa'nın 5 Büyük Ligi Ve Süper Lig Üzerine Bir Uygulama. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(1), 119-222.
- D'Urso, P., De Giovanni, L., Disegna, M., & Massari, R. (2013). Bagged Clustering and its application to tourism market segmentation. *Expert Systems with Applications*, 40(12), 4944-4956.
- Demireli, E., & Tükenmez, N. M. (2012). İşletme performansının ölçümü: TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi üzerine bir uygulama. *Verimlilik Dergisi*, 1(25).
- Dumanoglu, S., & Ergül, N. (2010). İMKB'de İşlem Gören Teknoloji Şirketlerinin Mali Performans Ölçümü. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 48, 101-111.
- Elgün, M. N., & Aşıkoğlu, N. O. (2017). Lojistik Köy Kuruluş Yeri Seçiminde TOPSIS Yöntemiyle Merkezlerin Değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1), 161-170.
- Fodness, D., & Murray, B. (2007). Passengers' expectations of airport service quality. *Journal of Services Marketing*, 21(7), 492-506.
- Gonçalves, T. J., & Correia, A. R. (2016). A multicriteria model to evaluate airport ramp safety: A study at São Paulo International Airport. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 24(3), 454-464.
- Gümüş, Y., Özdağoğlu, A., Gümüş, G. K., & Özdağoğlu, G. (2017). Bilanço ve Gelir Tablolarının TOPSIS Yöntemi İle Analizi: Borsa İstanbul Uygulaması. *Muhasebe ve Denetim Bakış*(50), 79-96.
- Hafezalkotob, A., & Hafezalkotob, A. (2016). Extended MULTIMOORA method based on Shannon entropy weight for materials selection. *Journal of Industrial Engineering International*, 12(1), 1-13.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Methods for multiple attribute decision making*. In *Multiple attribute decision making*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- IATA. (2011). *Vision 2050*. International Air Transport Association, Singapur. Eylül 5, 2017 tarihinde [https://www.iata.org/pressroom/facts\\_figures/Documents/vision-2050.pdf](https://www.iata.org/pressroom/facts_figures/Documents/vision-2050.pdf) adresinden alındı

- Karakaş, A., Kingır, S., & Öztel, A. (2016). Evaluation of University Employees' Work Behaviours Performance Via Entropy Based TOPSIS Methods. *Electronic Journal of Social Sciences*, 15(58), 1046-1058.
- Konuşkan, Ö., & Uygun, Ö. (2014). Çok Kriterli Karar Verme (MAUT) Yöntemi ve Bir Uygulama . *Akademik Platform*, 1403-1412.
- Li, L., Liu, F., & Li, C. (2014). Customer satisfaction evaluation method for customized product development using Entropy weight and Analytic Hierarchy Process. *Computers & Industrial Engineering*, 77, 80-87.
- Li, X., Wang, K., Liu, L., Xin, J., Yang, H., & Gao, C. (2011). Application of the Entropy Weight and TOPSIS Method in in Safety Evaluation of Coal Mines. *Procedia Engineering*, 26, 2085-2091.
- Liu, F., Zhao, S., Weng, M., & Liua, Y. (2017). Fire risk assessment for large-scale commercial buildings based on structure entropy weight method. *Safety Science*, 94, 26-40.
- Liu, P., & Zhang, X. (2011). Research on the supplier selection of a supply chain based on Entropy. *International Journal of Production Research*, 49(3), 637-646.
- Lupo, T. (2015). Fuzzy ServPerf model combined with ELECTRE III to comparatively evaluate service quality of international airports in Sicily. *Journal of Air Transport Management*, 42, 249-259.
- Luty, L., Kożuch, A. J., Makutėnas, V., & Butvilaitė, A. (2015). TOPSIS Method in Assessing Innovative Potential of Voivodships in Poland. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 37(3), 406-414.
- Manc̆ev, M. D. (2016). The Application of the TOPSIS Method in Selecting the Best Academic Library at the University of Nis. *Canadian Journal of Information & Library Sciences*, 40(1), 81-96.
- Mishra, R., Pundir, A. K., & Ganapathy, L. (2017). Evaluation and prioritisation of manufacturing flexibility alternatives using integrated AHP and TOPSIS method. *Benchmarking: An International Journal*, 24(5), 1437-1465.
- Mousavi-Nasab, S. H., & Sotoudeh-Anvari, A. (2017). A comprehensive MCDM-based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems. *Materials & Design*, 121, 237-253.
- Orçun, Ç., & Eren, B. S. (2017). TOPSIS Yöntemi ile Finansal Performans Değerlendirmesi: XUTEK Üzerinde Bir Uygulama. *Journal of Accounting & Finance*.(75), 139-154.
- Ömürbek, N., & Aksoy, E. (2016). Bir Petrol Şirketinin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri İle Performans Değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(3), 723-756.
- Ömürbek, N., & Balcı, H. F. (2017). Entropi Temelli Copras Yöntemi İle Avrupa Birliği Ülkeleri Ve Türkiye'nin Havayolu Taşımacılığının Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 8(18), 13-25.
- Ömürbek, V., & Kınay, B. (2013). Havayolu Taşımacılığı Sektöründe TOPSIS Yöntemiyle Finansal Performans Değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 343-363.
- Özdağoğlu, A. (2012). Üretim Yapan İşletmeler için Hidrolik Giyotin Alternatiflerinin TOPSIS Yöntemi ile İncelenmesi. *Ege Akademik Bakış*, 12(4), 549-562.

- Özdağoğlu, A., Yakut, E., & Bahar, S. (2017). Machine Selection in A Dairy Product Company with Entropy and SAW Method Integration. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(1), 341-359.
- Öznel, A., Köse, M. S., & Aytekin, İ. (2012). Kurumsal Sürdürülebilirlik Performansının Ölçümü İçin Çok Kriterli Bir Çerçeve: Henkel Örneği. *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 32-44.
- Pandey, M. M. (2016). Evaluating the service quality of airports in Thailand using fuzzy multi-criteria decision making method. *Journal of Air Transport Management*, 57, 241-249.
- Pantouvakisa, A., & Renzi, M. F. (2016). Exploring different nationality perceptions of airport service quality. *Journal of Air Transport Management*, 52, 90-98.
- Perçin, S., & Çakır, S. (2013). AB Ülkeleri'nde Bütünleşik Entropi Ağırlık-TOPSIS Yöntemiyle Ar-Ge Performansının Ölçülmesi. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(1), 77-95.
- Perezgonzalez, J. D., & Gilbey, A. (2011). Predicting Skytrax Airport Rankings from Customer Reviews. *Journal of Airport Management*, 5(4), 335-339.
- Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M., & Tarokh, M. J. (2011). A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12160-12167.
- Shyr, O. F., & Kuo, Y.-P. (2008). Applying TOPSIS And Cooperative Game Theory in Airline Merging And Coalition Decisions. *Journal of Marine Science and Technology*, 16(1), 8-18.
- Skytrax. (2017). *About Skytrax*. Eylül 20, 2017 tarihinde Background to Skytrax: [http://www.worldairlineawards.com/main/about\\_skytrax.html](http://www.worldairlineawards.com/main/about_skytrax.html) adresinden alındı
- Song, M., Zhu, Q., Peng, J., & Gonzalez, E. D. (2017). Improving the evaluation of cross efficiencies: A method based on Shannon entropy weight. *Computers & Industrial Engineering*, 122, 99-106.
- Temizel, F., & Bayçelebi, B. E. (2017). BIST 30 Endeksinde Yer Alan İşletmelerin Finansal Performans Değerlemesinde TOPSIS Yaklaşımı. *TISK Academy / TISK Akademi*, 11(22), 270-286.
- Tunca, Z., Ömürbek, N., Cömert, G., & Aksoy, E. (2016). Opec Ülkelerinin Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Entropi Ve Maut İle Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 7(14), 1-12.
- Tzeng, G. H., & Huang, J. J. (2011). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Uygurtürk, H., & Korkmaz, T. (2012). Finansal performansın TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi: Ana metal sanayi işletmeleri üzerine bir uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 7(2), 95-115.
- Wang, T. C., & Lee, H. D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8980-8985.
- Wu, J., Sun, J., Liang, L., & Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5162-6165.

- Yavuz, A. (2016). Coğrafi Pazar Seçiminde Promethee Ve Entropi Yöntemlerine Dayalı Çok Kriterli Bir Analiz: Mobilya Sektöründe Bir Uygulama. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 163-177.
- Yeh, C. H. (2002). A Problem-based Selection of Multi-attribute Decision-making Methods. *International Transactions in Operational Research*, 9(2), 169-181.